

LAVSANO TAIKYMO ORO BIOFILTRACIJOS PROCESĖ
EKSPERIMENTINIAI TYRIMAIAlvydas Zagorskis¹, Aleksandra Milaknytė²

Vilniaus Gedimino technikos universitetas

El. paštas: ¹alvydas@vgtu.lt; ²aleksa.milaknyte@gmail.com

Santrauka. Atlikti oro valymo efektyvumo tyrimai į lašelinį biofiltrą įkrovus lavsano medžiagos įkrovą. Bandytų metu pro įkrovą buvo traukiamas butanolio garais užterštas oro srautas. Tyrimai atliekami naudojant VGTU Aplinkos apsaugos katedroje sukurta eksperimentinį biologinį oro valymo įrenginį – biofiltrą. Matavimai atlikti leidžiant 60 l/min. ir 90 l/min. oro kiekį aspiratoriumi. Pradinės teršalo koncentracijos – 180, 305, 350, 440, 545 mg/m³. Prieš matuojant butanolio koncentracijas panaudojant lavsano medžiagos kasetę, įkrova buvo periodiškai drėkinama maistinių medžiagų prisotintu tirpalu. *Pseudomonas* genties mikroorganizmų įtakai valymo efektyvumui įvertinti tyrimai buvo pakartoti – įkrovos sudrėkinamos tik vandeniu, leidžiami butanolio garai, ir matuojamos koncentracijos panaudojus lavsano medžiagos kasetę. Esant 180±89 mg/m³ koncentracijai biofilto oro valymo efektyvumas siekė 41 %, kai per įkrovą leidžiamo dujų srauto greitis buvo 0,07 m/s, ir 46 %, kai greitis 0,10 m/s. Nustatyta valymo efektyvumas. Esant 545±55 mg/m³ pradinei koncentracijai jis siekė 54 % (0,07 m/s) ir 53 % (0,10 m/s).

Reikšminiai žodžiai: lašelinis biofiltras, valymo efektyvumas, lavsano medžiagos įkrova.

Įvadas

Didėjant išmetamų teršalų šaltinių skaičiui oro užtarša tampa vis aktualesnė problema. Neigiamas poveikis vienoje vietoje gali turėti poveikį regioniniu ir kai kuriais atvejais net globaliniu mastu. Vienas svarbiausių veiksnių, lemiančių aplinkos oro kokybę, yra iš nuostoviųjų ir mobiliųjų taršos šaltinių į atmosferą išmetami teršalai, tokie kaip lakieji organiniai junginiai (LOJ). Šių teršalų emisijos į aplinkos orą yra vienos didžiausių – Aplinkos apsaugos agentūros duomenimis, 2011 m. daugiausia į aplinką iš nuostoviųjų taršos šaltinių buvo išmesta – 1742,5 t/metus acetono, 233,4 t/metus ksileno, 247,6 t/metus etanolio, 38,9 t/metus butanolio (Oro antropogeninė... 2012).

Išmetami LOJ paprastai esti būdingo kvapo, nedidelės koncentracijos, išmetami didelio tūrio srautu, juose didelis vandens kiekis. Siekiant išmetamus LOJ kiekius sumažinti taikomi biofiltracijos metodai. Taikant biologinę oksidaciją biologiškai skaidomų junginių šalinimo efektyvumas gali siekti 98 %. Palyginti su kitais metodais, tai ekonomiškai efektyvus procesas (Vedova 2008). Biologinis oro valymas atliekamas naudojant tam tikras mikroorganizmų kultūras. Dėl ekonominių ir saugumo priežasčių biofiltracijos procesai dabar pripažįstami kaip vienos iš palankiausių valymo technologijų. Vykstant technologiniams procesams kontroliuojami kvapai, lakiųjų organinių junginių ir toksiškų junginių iš įvairių komunalinių ir pramoninių šaltinių kiekis (Jin, Chen 2001).

Pagrindinis skirtumas tarp biofiltrų ir filtrų yra tai, kad ant įkrovos paviršiaus nuolat išpurškiamas vanduo. Vandens tirpalas yra prisotintas maistinių medžiagų. Mikroorganizmų oksidacija vyksta vandens fazėje. Bioplėvelėje teršalai skyla į nekenksmingus ir bekvapius produktus.

Keli svarbūs proceso parametrai, tokie kaip filtro medžiagos struktūra, drėgmės kiekis, temperatūra ir pH, turi būti griežtai kontroliuojami (Reij *et al.* 1998). Nustatyta, kad svarbus biofiltrų veikimo parametras yra filtro įkrova, ji turi didelę įtaką teršalų šalinimo efektyvumui, reguliuoja drėgmės kiekį. Per didelis drėgmės kiekis gali lemti anaerobinių zonų, kur procesas dėl sulėtėjusios difuzijos vyksta lėtai, susidarymą. Pavyzdžiui, didžiausia biofiltrų geba šalinti teršalus gali būti esant ~35 % drėgmės kiekiui, kaip įkrovą naudojant kompostą, ~40 %, kai naudojamos durpės (Kennes, Thalasso 1998). Atsižvelgiama į tokius kriterijus kaip filtruojančiosios medžiagos akytumas, paviršiaus plotas (Coleman 2001).

Bioįkrovos iš organinių medžiagų pigesnės nei dirbtinės, tačiau sintetinės dažnai esti patvaresnės, ir jas galima naudoti ilgesnį laiką (Devanny *et al.* 1999). Tekstilės medžiagos naudojamos ir sausojo ir šlapiojo filtravimo procesuose, būdingiausi pavyzdžiai – oro filtravimo procesas, pramoninių nuotekų valymas, nuotekų dumblo apdorojimas (Schaefer *et al.* 2007). Oro filtracijos metu pluoštiniai filtrai ir tekstilės medžiagos (techniniai audiniai) paprastai naudo-

jami kietosioms dalelėms atskirti nuo oro srauto (Horrocks, Anand 2000). Pluoštinės įkrovos gali būti gaminamos iš gamtinių medžiagų, pavyzdžiui, vilnos, lino pluošto ar medvilnės arba gali būti sintetinės kilmės, pavyzdžiui, poliesterio, lavsano ar nailono (Jimenez, Sutherland 2008).

Biofiltrams naudojamos sintetinės filtruojančios medžiagos. Tokios įkrovos turi gerų mechaninių savybių, yra mažo svorio ir chemiškai patvarios (Khan, Ghoshal 2000). Nors natūralių medžiagų įkrovų sąnaudos nėra didelės, tačiau jų eksploatacijos trukmė trumpa, tokios įkrovos greitai suyra (Sun *et al.* 2000). Todėl biofiltracijai taikomos sintetinės įkrovos. Joms būdinga didelis paviršiaus plotas, mažas tankis (dėl to mažesnis įkrovos svoris), ilgaamžiškumas, paviršius tinkamas bioplėvelei augti.

Ypač svarbu, kaip tekstilės medžiagos sugeria vandens garus ir vandenį, nes nuo to labai priklauso šių medžiagų mechaninės, geometrinės ir kitos fizikinės savybės (Milašius, Matukonis 1993).

Tekstilės audiniai, naudojami filtravimo procese, gerokai skiriasi nuo kitų filtravimo medžiagų. Tokie audiniai dėl savo unikalios struktūros, stiprumo, kietumo pralenkia kitas įkrovas. Didelis tekstilės audinių naudojimo privalumas yra galimybė juos išvalyti ir panaudoti pakartotinai. Dėl didelio poringumo tokios įkrovos yra ideali terpė mikroorganizmams (Edward 2003).

Tekstilės terpė – sudėtingų skaidulų struktūra, turinti itin didelį paviršiaus plotą. Jai būdinga didelis poringumas bei labai geras hidraulinis pralaidumas.

Eksperimentinių tyrimų metodika

Atlikti oro valymo efektyvumo tyrimai kaip įkrovą lašeliniam biofiltrui įkrauti naudojant lavsano medžiagą (1 pav.). Lavsanas (polietileno tereftalatas) – poliesterinis pluoštas, gaunamas iš tereftalio rūgšties, 1,2-etandiolio. Vykstant gauto esterio polikondensacijai atskykla šalutinis produktas 1,2-etandiolis, ir susidaro stambiamolekulis junginys lavsanas. Poliesteriais vadinami polimerai, kurių molekulės turi esterio –COO– arba eterio –C–O–C– jungtį.

Lavsanas atsparus vandeniui, tirpikliams, alyvoms, rūgštims, mikroorganizmams, šilumai (Jarašūnienė 2001). Tai netirpi, netoksiška kietoji medžiaga. Ne technologinio proceso metu reikia vengti >150°C temperatūros ir/arba ilgos išlaikymo trukmės, nes tada įvyksta produkto degradacija ir terminis skilimas.

Lavsanas pasirinktas atsižvelgiant į jo fizines savybes, tokias, kaip geras pralaidumas orui, mažas aerodinaminis pasipriešinimas, didelis paviršiaus plotas. Dėl cheminės sudėties savybių yra ilgaamžis. Tyrimams atlikti buvo pagaminta kasetė (1 pav.).



1 pav. Lavsano medžiagos įkrova

Fig. 1. Lavsan packing material

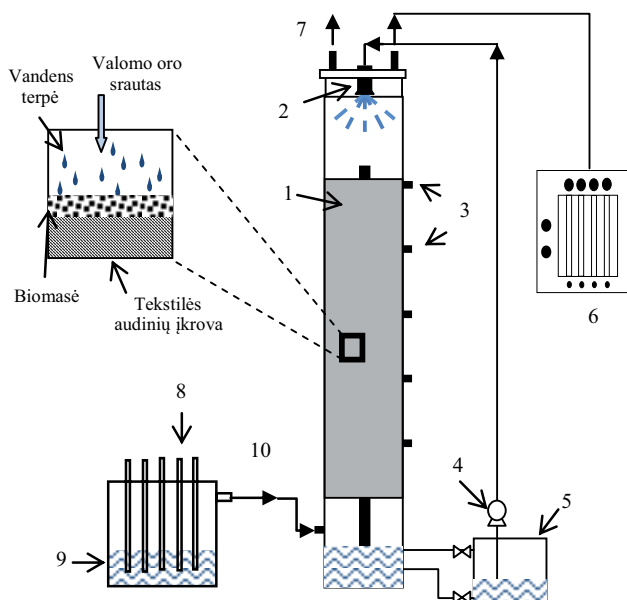
Tyrimams naudojamos cilindro formos kasetės aukštis yra 0,5 m, skersmuo 0,14 m. Lavsano medžiagos techninės charakteristikos pateiktos 1 lentelėje.

1 lentelė. Lavsano audinio techninės charakteristikos
Table 1. Technical characteristics of Lavsan

| Parametras | Matavimo vienetas | Parametro reikšmė |
|-----------------------|-------------------|------------------------|
| Virimo temperatūra | °C | destrukcija esant >380 |
| Pliūpsnio temperatūra | °C | 370 |
| Tankis | g/cm ³ | 1,34 |
| Lydimosi temperatūra | °C | 242–270 |
| Tirpumas vandenyje | | netirpus |
| Poringumas | % | 69 |

Biofiltro sistemos schema pateikta 2 paveiksle. Jo aukštis – 1,0 m, skersmuo – 0,14 m. Šį biofiltrą sudaro trys pagrindiniai komponentai: įkrova, kurioje dėl mikroorganizmų veiklos vyksta teršalų biotransformacija, skystoji fazė, kuri saugo organizmus, palaiko drėgmę ir aprūpina juos maistinėmis medžiagomis, ir cirkuliuojantis oras, kuriame yra lakiųjų organinių teršalų.

Užterštas oras tiekiamas iš teršalų kameros: butanolio (C₄H₁₀O) ir distiliuoto vandens garų mišinys (santykiu 1:3) trimis aspiratoriais *Migunov* 822 leidžiamas pro biofiltrą esančias bioįkrovas. Aspiratorių darbinė temperatūra gali siekti nuo –10 iki +35 °C. Filtrui veikiant santykinė oro drėgmė esti nuo 0 iki 80 %, matavimo paklaida, kai srauto greitis nuo 1 iki 20 l/min., siekia ±5 %.



2 pav. Lašelinio biofiltro schema: 1 – įkrova; 2 – purkštukas; 3 – mėginių ėmimo angos; 4 – cirkuliacinis siurblys; 5 – maistinių medžiagų talpykla; 6 – aspiratorius; 7 – išvalyto oro srautas; 8 – aplinkos oras; 9 – teršalų tiekimo kamera; 10 – užterštas oras

Fig. 2. Scheme for a trickling biofilter

Eksperimento pradžioje įkrova buvo užpurškama mikrobiologiniu tirpalu su *Pseudomonas* mikroorganizmų kultūromis. Tada pro įkrovą leidžiamos skirtingos butanolio garų koncentracijos. Butanolis skaidrus, bespalvis, degus skystis, jo virimo temperatūra 118 °C, tankis 0,810 g/ml.

Kadangi butanolio koncentracijoms nustatyti naudotas fotojonizacijos detektorius *MiniRae* 2000 gali matuoti koncentraciją tik ppm vienetais, teršalų koncentracijos buvo perskaičiuotos į mg/m³. Cheminių medžiagų (butanolio) koncentracijoms perskaičiuoti iš ppm į mg/m³ taikoma formulė pateikta higienos normoje „Cheminių medžiagų profesinio poveikio ribiniai dydžiai. Matavimo ir poveikio vertinimo bendrieji reikalavimai“ (HN 23:2011):

$$C_{(\text{mg/m}^3)} = \frac{C_{(\text{ppm})} \cdot M}{24,04}, \quad (1)$$

čia C – cheminės medžiagos koncentracija; M – molekulinė cheminės medžiagos masė (g/mol); 24,04 – molinis tūris (l/mol), kai temperatūra 20 °C ir atmosferos slėgis 101,3 kPa (760 mmHg).

Bandymų metu pro įkrovą buvo traukiamas butanolio garais užterštas oro srautas. Matavimai atlikti aspiratoriumi leidžiant orą 60 l/min. ir 90 l/min. greičiu. Pradinės teršalo koncentracijos – 180, 305, 350, 440, 545 mg/m³. Koncentracijos buvo keičiamos teršalų tiekimo kameroje keičiant maišomų teršalo ir distiliuoto vandens santykį. Prieš matuojant butanolio koncentracijas panaudojus lavo-

džiagos kasetes, įkrova buvo periodiškai drėkinama mikroorganizmų prisotintu tirpalu. Butanolio koncentracijos matuotos fotojonizacijos detektoriumi *MiniRae* 2000. Prietaiso matavimo ribos – 0–7000 mg/m³, paklaida ± 1 mg/m³. Kiekvienas matavimas buvo kartojamas po 3 kartus.

Biologinis valymas grįstas butanolio šalinimu iš oro veikiant mikroorganizmams. Mikroorganizmai suskaido teršalus iki nepavojingų šalutinių produktų, tokių kaip CO₂ ir vandens garai.

Siekiant įvertinti *Pseudomonas* genties mikroorganizmų įtaką valymo efektyvumui, tyrimai buvo pakartoti įkrovą sudrėkinus ne mikroorganizmais, o tik vandeniu.

Tiekiamo oro srauto temperatūra siekė 25 °C.

Bandymais buvo nustatytos oro valymo efektyvumo priklausomybės nuo pradinės butanolio garų koncentracijos, biofiltre naudojant lavo-

Rezultatų analizė

Bandymų metu nustatytas lavo- įkrovos efektyvumas didinant leidžiamo oro srauto greitį ir butanolio koncentracijas.

Analizės metodu nustačius tiriamų organinių medžiagų koncentracijas, apskaičiuotas biofiltro efektyvumas:

$$E = \frac{C_0 - C}{C} \cdot 100, \quad \%, \quad (2)$$

čia C_0 – koncentracija prieš įkrovą, mg/m³; C – koncentracija po įkrovos, mg/m³; E – efektyvumas, %.

Užteršto oro sąlyčio su bioterpe trukmė skaičiuojama pagal formulę (Garlinsk, Mann 2005)

$$FL = \frac{V \cdot \theta}{Q}, \quad \text{s}, \quad (3)$$

čia FL – filtracijos laikas, s; Q – dujų srauto debitas, m³/h; θ – poringumas, %; V – įkrovos tūris, m³.

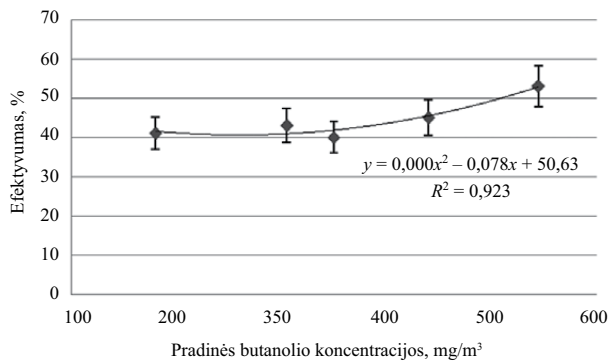
Biofiltracijos našumas (Fortin, Deshusses 1999):

$$N = \frac{Q(C_0 - C)}{V}, \quad \text{g} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{h}^{-1}, \quad (4)$$

čia N – našumas, g·m⁻³·h⁻¹.

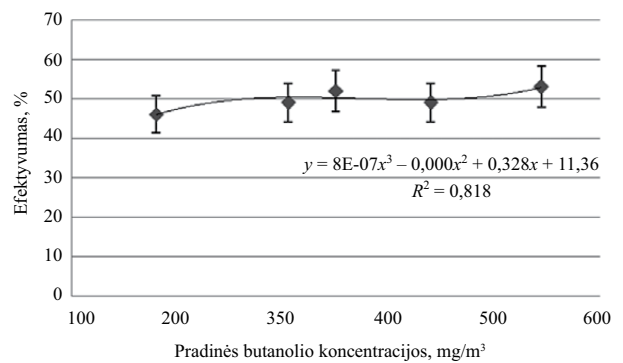
Leidžiant pro biofiltrą butanolio garais užterštą orą 0,07 m/s (3 pav.) ir 0,10 m/s (4 pav.) greičiais bei naudojant *Pseudomonas* genties bakterijas nustatytos biofiltro valymo efektyvumo priklausomybės nuo pradinės teršalo koncentracijos.

Esant mažiausiai, 180±9 mg/m³, koncentracijai, oro valymo biofiltro efektyvumas siekė 41 %, kai greitis 0,07 m/s, ir 46 %, kai greitis 0,10 m/s. Nustatyta, kad esant 545±67 mg/m³ pradinei teršalo koncentracijai, butanolio garų koncentracija, kai oro greitis 0,07 m/s, sumažėjo



3 pav. Lavsono įkrovos efektyvumo vertės, kai oro srauto greitis 0,07 m/s

Fig. 3. The efficiency values of Lavsan load under a speed of 0,07 m/s



4 pav. Lavsono įkrovos efektyvumo vertės, kai oro srauto greitis 0,10 m/s

Fig. 4. The efficiency values of Lavsan load under a speed of 0,10 m/s

iki $249 \pm 19 \text{ mg/m}^3$, t. y. oro valymo biofilto efektyvumas siekė 54 %. Padidinus oro greitį (0,10 m/s) efektyvumas pakito nežymiai ir siekė 53 %.

Tiriamajame lašeliniam biofiltre, priešingai nei kasetiniuose, didinant oro srauto greitį, o kartu didėjant ir įrenginio našumui, oro valymo biofilto efektyvumas kinta nežymiai. Tyrimų duomenys rodė, kad orui valyti taikomos mikroorganizmų kultūros geba greičiau suskaidyti butanolį. Nustatyta, kad gana didelis oro valymo efektyvumas pasiekiamas iš karto, nes įkrovos nereikia papildomai aktyvinti mikroorganizmais. Įprastės konstrukcijos biofiltruose aktyvinimas trunka apie dvi savaites, todėl tinkamas oro valymo efektyvumas pasiekiamas tik po dviejų savaičių. Tyrimams taikomo lašelinės konstrukcijos biofilto gana geras oro valymo efektyvumas pasiekiamas po dviejų parų, kai mikroorganizmai adaptuojasi prie jiems reikalingų aplinkos biofilte veiksmių.

Pradinė teršalų koncentracija, kuri yra $305 \pm 15 \text{ mg/m}^3$, esant 0,07 m/s oro srauto greičiui, sumažėja iki $173 \pm 10 \text{ mg/m}^3$.

Nustatyta, kad lašelinės konstrukcijos biofiltras su lavsano įkrova tinkamai veikia tiekiant į įrenginį skirtingos koncentracijos butanolį. Pradinę butanolio garų koncentraciją padidinus nuo 180 iki 545 mg/m^3 įrenginio valymo efektyvumas išliko panašus. Tai rodo gauti gana didelių verčių aproksimacijos koeficientai: $R^2 = 0,923$ ir $R^2 = 0,818$ (3 ir 4 pav.). Didinant pro įrenginį leidžiamo oro srauto greitį nuo 0,07 iki 0,10 m/s įrenginio geba valyti teršalus esti panaši.

Padidinus koncentraciją iki $350 \pm 62 \text{ mg/m}^3$, panaudojus kasetę butanolio koncentracija siekė $200 \pm 38 \text{ mg/m}^3$. Didesnės butanolio koncentracijos turi įtakos mikroorganizmų aktyvumui, geba oksiduoti organinius junginius.

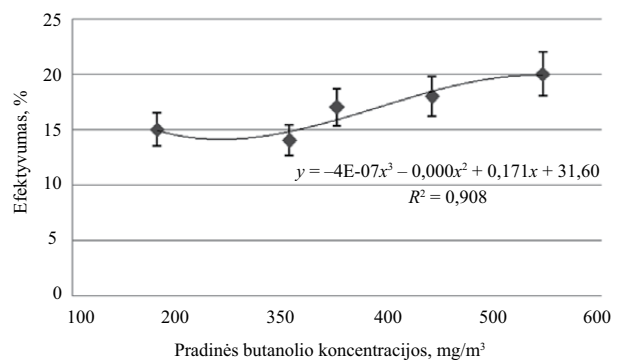
Tyrimais nustatyta, kad, didinant teršalų koncentraciją iki $545 \pm 67 \text{ mg/m}^3$, oro valymo efektyvumas išlieka panašus

ir siekia apie 50 %. Norint padidinti įrenginio efektyvumą, būtina didinti biofilto kasetės aukštį. Tyrimų metu jis siekė 0,5 m. Tokiu būdu didinama teršalų sąlyčio su mikroorganizmais trukmė.

Oro valymo efektyvumas priklauso ir nuo leidžiamo oro srauto greičio, tad svarbu yra parinkti optimalų greitį, kad įrenginio efektyvumas būtų kuo didesnis. Remiantis gautais eksperimentinių tyrimų rezultatais galima teigti, kad lašelinės konstrukcijos oro valymo biofiltre pro įkrovą, sudarytą iš lavsano, galima leisti užterštą oro srautą didesniu greičiu, siekiančiu 0,10 m/s.

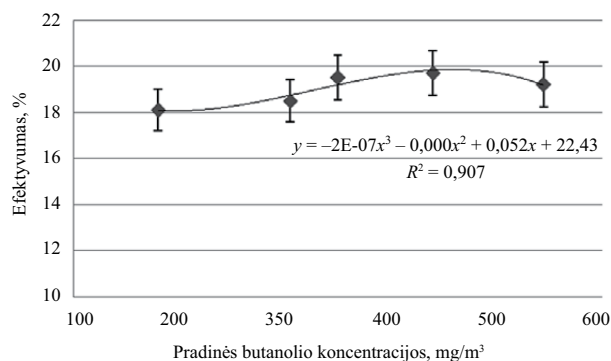
Abiem atvejais (0,07 m/s ir 0,10 m/s) šios filtruojančios medžiagos efektyvumas kito panašia tendencija – panaudojus vieną kasetę nustatytos iki 50 % sumažėjusios vertės.

Siekiant įvertinti mikroorganizmų įtaką oro valymo efektyvumui, eksperimento metu buvo matuojamos butanolio koncentracijos teršalams valyti nenaudojant mikroorganizmų. Pradinės butanolio koncentracijos – 180, 305, 350, 440, 545 mg/m^3 matuojamos, kai dujų srauto greitis 0,07 m/s (5 pav.) ir 0,10 m/s (6 pav.).



5 pav. Lavsono įkrovos be *Pseudomonas* bakterijų efektyvumo vertės, kai srauto greitis 0,07 m/s

Fig. 5. The efficiency values of Lavsan load without *Pseudomonas* bacteria under a speed of 0,07 m/s



6 pav. Lavsano įkrovos be *Pseudomonas* bakterijų efektyvumo vertės, kai srauto greitis 0,10 m/s

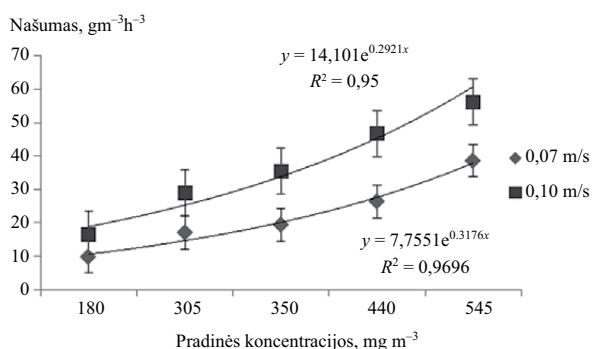
Fig. 6. The efficiency values of Lavsans load without *Pseudomonas* bacteria under a speed of 0,10 m/s

Oro srautą 0,07 m/s greičiu leidžiant pro lavsano įkrovos sluoksnį, kai pradinė koncentracija $180 \pm 9 \text{ mg/m}^3$, biofilto efektyvumas siekė 15 %. Pradinę koncentraciją padidinus iki $305 \pm 15 \text{ mg/m}^3$, efektyvumas siekė 13%. Pradinei butanolio garų koncentracijai esant $545 \pm 67 \text{ mg/m}^3$, efektyvumas padidėjo nežymiai ir siekė 21 %.

Padidinus greitį iki 0,10 m/s, esant $180 \pm 9 \text{ mg/m}^3$ koncentracijai, efektyvumo vertė 18 %, o kai koncentracija $305 \pm 15 \text{ mg/m}^3$ ar $545 \pm 67 \text{ mg/m}^3$, – 19 %.

Remiantis (3) formule apskaičiuota užteršto oro sąlyčio su bioterpe trukmė. Kai oro srauto greitis 0,07 m/s, ji yra 0,15 s, kai 0,10 m/s – 0,10 s. Užteršto oro sąlyčio su bioterpe trukmė priklauso ir nuo srauto debito – didinant dujų greitį, filtracija vyksta greičiau.

Pagal (4) formulę nustatytas lašelinio biofilto našumas (7 pav.).



7 pav. Biofilto našumas esant skirtingiems oro srauto greičiams

Fig. 7. Biofilter capacity at different air flow velocities

Didžiausias biofilto našumas esti, kai srauto greitis 0,10 m/s, tam įtakos turi teršalo koncentracija ir filtro kasetės tūris. Kai oro srauto greitis mažas, biofilto valymo efektyvumas padidėja, tačiau sumažėja našumas.

Esant 0,07 m/s greičiui efektyvumas gali siekti iki 54 %, o našumas svyruoja nuo $9,85 \text{ g/m}^3/\text{h}$ iki $38,62 \text{ g/m}^3/\text{h}$. Kai greitis 0,10 m/s, didžiausioji efektyvumo vertė 53 %, o našumas $16,55 \text{ g/m}^3/\text{h} - 56,15 \text{ g/m}^3/\text{h}$. Siekiant padidinti tiriamo lašelinio biofilto valymo efektyvumą būtina didinti teršalo sąlyčio su įkrova trukmę. Tokiu būdu pasiekiamas didelis įrenginio valymo efektyvumas.

Leidžiant lakiaisiais organiniais junginiais užterštą orą pro sintetines įkrovas, tokias kaip poliuretano pluoštas, didinant pradinę teršalų koncentraciją galima pasiekti itin didelį oro valymo efektyvumą – nuo 64,3 % iki 98,8 %, kai teršalų koncentracija $16 \text{ g/(m}^3 \cdot \text{h)}$, ir nuo 77,4 % iki 99,1 %, kai dujų koncentracija nuo 35 iki $140 \text{ g/(m}^3 \cdot \text{h)}$ (Yang *et al.* 2011). Naudojant poliuretano putas efektyvumas gali siekti ir viršyti 90 % (Qi, Moe 2006).

Išvados

1. Orui valyti biologiniu būdu biofiltre galima naudoti lavsano įkrovą. Tyrimų metu nustatyta, kad, naudojant šią įkrovą, butanolio valymo iš oro efektyvumas, kai pradinė butanolio koncentracija $545 \pm 67 \text{ mg/m}^3$, gali siekti 54 %.
2. Didinant oro srauto greitį lašelinio biofilto oro valymo efektyvumas kinta nežymiai. Esant $545 \pm 67 \text{ mg/m}^3$ pradinei koncentracijai, kai oro srauto greitis 0,07 m/s, efektyvumas siekė 54 %. Padidinus oro srauto greitį iki 0,10 m/s, biofilto efektyvumas sumažėjo tik iki 53 %.
3. Tyrimų metu nustatyta mikroorganizmų įtaka biologinio valymo kokybei. Išpurškiant ant įkrovų tirpalą be *Pseudomonas* genties bakterijų, maksimalus efektyvumas siekia tik 20 %. Ant įkrovos užpurškus mikroorganizmų kultūrų, butanolio valymo iš oro efektyvumas padidėjo iki 54 %.
4. Atlikus oro valymo efektyvumo tyrimus nuo pradinės teršalo koncentracijos nustatyta, kad, didinant teršalo pradinę koncentraciją, valymo efektyvumas didėja. Galima daryti prielaidą, kad didesnės butanolio koncentracijos veikia mikroorganizmų populiacijos augimą, padidėja biomasės kiekis, todėl padidėja ir butanolio garų valymo iš oro efektyvumas.

Literatūra

- Coleman, R. N. 2001 08 07. *Two-stage hybrid biofiltration*. Alberta Research Council Inc. Int. C17: C12S 5/00; C12M 1/16; B01D 53/52. Canada, US 6 271 020 B1.
- Devanny, J. S.; Deshusses, M. A.; Webster, T. S. 1999. Biofiltration for air pollution control, *Lewis Publishers: Boca Raton*, 28–34.
- Edward, C. G. 2003. *Primer on Nonwoven Fabric Filtration Media*. LLC, Charlotte. 6 p.

- Fortin, N. Y.; Deshusses, M. A. 1999. Treatment of Methyl *tert*-Butyl Ether Vapors in Biotrickling Filters. 1. Reactor Startup, Steady-State Performance, and Culture Characteristics, *Environmental Science and Technology* 33(17): 2980–2986. <http://dx.doi.org/10.1021/es981337s>
- Garlinski, E. M.; Mann, D. D. 2005. Evaluation of airflow through a horizontal-airflow biofilter with a pressurized headspace, *Canadian Biosystems Engineering/Le génie des biosystèmes au Canada* 47: 6.29–6.34.
- HN 23:2011. Cheminių medžiagų profesinio poveikio ribiniai dydžiai. Matavimo ir poveikio vertinimo bendrieji reikalavimai, *Valstybės žinios* 112–5274.
- Horrocks, A. R.; Anand, S. C. 2000. *Handbook of Technical Textiles*. Woodhead Publishing Bolton Institute, UK. 576 p.
- Yang, Ch.; Yu, G.; Zeng, G.; Yang, H.; Chen, F.; Jin, C. 2011. Performance of biotrickling filters packed with structured or cubic polyurethane sponges for VOC removal, *Journal of Environmental Sciences* 23(8): 1325–1333. [http://dx.doi.org/10.1016/S1001-0742\(10\)60565-7](http://dx.doi.org/10.1016/S1001-0742(10)60565-7)
- Jarašūnienė, V. 2001. *Polimerai, plastikai ir ūkinės paskirties plastikiniai gaminiai*. Vilnius. 24 p.
- Jimenez, R. P.; Sutherland, T. C. 2008. Convenient Synthesis of a Tetrathienyl Dendritic Core, *Synthetic Communications*, 38: 4007–4012. <http://dx.doi.org/10.1080/00397910802267196>
- Jin, Y. M.; Chen, J. M. 2001. Applications of biofiltration in air pollution control processes, *Techniques and Equipment for Environmental Pollution Control* 2: 76–80.
- Khan, F. I.; Ghoshal, A. K. 2000. Removal of volatile organic compounds from polluted air, *Journal of Loss Prevention in the Process Industries* 13(6): 527–545. [http://dx.doi.org/10.1016/S0950-4230\(00\)00007-3](http://dx.doi.org/10.1016/S0950-4230(00)00007-3)
- Kennes, C., Thalasso, F. 1998. Waste gas biotreatment technology, *Journal of Chemical Technology and Biotechnology* 72(4): 303–319. [http://dx.doi.org/10.1002/\(SICI\)1097-4660\(199808\)72:4<303::AID-JCTB903>3.0.CO;2-Y](http://dx.doi.org/10.1002/(SICI)1097-4660(199808)72:4<303::AID-JCTB903>3.0.CO;2-Y)
- Milašius, V.; Matukonis, A. 1993. *Audinių struktūra*. Vilnius: Mokslo ir enciklopedijų leidykla. 90 p.
- Qi, B.; Moe, W. M. 2006. Performance of low pH biofilters treating a paint solvent mixture: Continuous and intermittent loading, *J Hazard Mater* 135(1–3): 303–310. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jhazmat.2005.11.065>
- Oro antropogeninė tarša. 2012. Aplinkos apsaugos agentūros duomenys. [Žiūrėta 2012 m. gegužės 10 d.]. Prieiga per internetą: <http://oras.gamta.lt/cms/index?rubricId=91e32574-8fa1-473e-b478-2d726cff16ed>
- Reij, M. W.; Keurentjes, J. T. F.; Hartmans, S. 1998. Membrane bioreactors for waste gas treatment, *Journal of Biotechnology* 59: 155–167. [http://dx.doi.org/10.1016/S0168-1656\(97\)00169-7](http://dx.doi.org/10.1016/S0168-1656(97)00169-7)
- Schafer, K.; Thomas, H.; Dalton, P.; Moeller, M. 2007. Nanofibres for Filter Material, in *Multifunctional Barriers for Flexible Structure* 97(7): 125–138. Heidelberg: Springer-Verlag.
- Sun, Y.; Clanton, C. J.; Janni, K. A.; Malzer, G. L. 2000. Sulfur and nitrogen balances in biofilters for odorous gas emission-control, *Transactions of the ASAE* 43(6): 1861–1875. <http://dx.doi.org/10.13031/2013.3091>
- Vedova, L. D. 2008. *Biofiltration of industrial waste gases in trickle – bed bioreactors*. Dipartimento di Ingegneria Chimica, dell’Ambiente e delle Materie Prime. Case study: trichloroethylene removal. 8 p.

EXPERIMENTAL RESEARCH ON APPLYING LAVSAN IN THE AIR BIOFILTRATION PROCESS

A. Zagorskis, A. Milaknytė

Abstract

Air cleaning efficiency tests on placing material load into the lavsan biofilter were carried out. Testing included butanol vapour-contaminated air stream pulled during the boot. The studies were conducted by the Department of Environmental Protection at VGTU that developed a biofilter – an experimental biological air cleaning device. Measurements were done using 60 l/min and 90 l/min air volume aspirators under the initial pollutant concentration making 180, 305, 350, 440 and 545 mg/m³. Before measuring the concentrations of butanol lavsan cartridge, loading was periodically irrigated with nutrient-rich solution. In order to evaluate the influence of microorganisms on genus *Pseudomonas*, cleaning efficiency tests were repeated – Boot was moistened with water only, which allowed measuring butanol vapour concentrations after the cartridge. At the concentration of 180±9 mg/m³, efficiency reached 41% at a speed of 0,07 m/s and 46 % at a speed of 0,10 m/s. Measuring the performance of the initial concentration of 545±67 mg/m³, efficiency was 54% at 0,07 m/s and 53 % at 0,10 m/s respectively.

Keywords: trickle biofilter, efficiency, lavsan packing material.